L'Alternance des Essences (Fin)

par R. SCAEFFER et R. MOREAU

Nous avons essayé de montrer dans le Bulletin de juin dernier, à quel point les sécrétions de substances toxiques par les végétaux supérieurs étaient courantes : rappelons par exemple que les racines des trois Noyers (*Juglans regia, nigra, cinerea*) secrètent une lactone, la « juglone », découverte en 1917, par BRISSEMORET et MICHAUD, laquelle est non seulement toxique pour l'ensemble des Bactéries et pour un certain nombre de Champignons, mais aussi réduit la croissance des plantes supérieures qui vivent à proximité. Ce produit est, de plus, capable d'arrêter la germination d'un grand nombre d'espèces de graines.

Dans une deuxième partie, on a insisté sur le rôle des microorganismes vivant dans le sol, non seulement en ce qui concerne la formation de l'humus, la fixation de l'azote, mais aussi dans l'assimilation des substances indispensables à la croissance des plantes (N, K, P. Ca). L'équilibre biologique d'un sol, disions-nous, loin d'être statique, résulte d'une lutte acharnée que se livrent à coup d'antibiotiques, les Bactéries, les Actinomycètes, les Champignons et même les plantes supérieures.

Nous ne sommes pas les seuls à nous préoccuper de ces phénomènes d'empoisonnement du sol, et il n'est pas dénué d'intérêt de savoir que la gliotoxine, secrétée par divers Champignons des genres *Penicillium, Trichoderma, Aspergillus*, attaque les autres champignons, les Actinomycètes et faiblement les Bactéries gram-positives ; mais de plus, cette gliotoxine est rendue responsable, par exemple, de l'impossibilité où l'on se trouve à Wareham (U.S.A.) de cultiver des Conifères ! (1)

Nous nous proposons donc maintenant de chercher, à l'aide principalement de travaux étrangers et des résultats de quelques recherches personnelles, une explication aux phénomènes d'alternance forestière.

ACTION DE SUBSTANCES INHIBITRICES SUR LA GERMINATION.

L'année 1953 a été fertile en travaux allemands concernant la germination du Pin silvestre et de l'Epicéa, dans un liquide tiré de la litière de ce dernier.

BUBLITZ (2) résumant des travaux antérieurs, rappelle que l'influence de feuilles tombées au sol sur la germination et le développlement des plantules peut être inhibitrice ou accélératrice selon le degré de concentration de la substance active. Puis il expose ses propres expériences entourées du maximum de

précautions destinées à éliminer toute cause d'erreur : répétition des expériences, témoins, maintien d'un pH constant, humidité constante, aération suffisante).

L'auteur procède de la façon suivante : il réalise un extrait à l'eau froide, de la partie supérieure de la litière d'aiguilles tombées sous un peuplement pur d'Epicéa. Il constate alors que le distillat est sans action sur la germination de graines de Pin sylvestre, mais que par contre, le résidu de la distillation essayé à différentes concentrations, déclenche une inhibition de la germination d'autant plus marquée que la concentration est plus forte. Des résultats du même ordre, quoique moins accusés, ont été observés avec la graine d'Epicéa.

Cette inhibition, du reste, n'était pas un arrêt total mais un simple retard, apporté au développement des plantules, et *qui dépendait de la concentration d'un facteur d'inhibition présent dans l'extrait d'aiguilles, mais non du Ph.* Il est certain qu'un tel retard, empêchant l'implantation de la radicelle dans les couches profondes du sol avant l'apparition de la période sèche, équivaut souvent à une condamnation à mort.

Dans le même moment, E. BAUTZ (3) procédait à des expériences semblables, étudiant l'influence de divers types et extraits de sols sur la germination du *Picea excelsa*. Chaque essai était effectué systématiquement avec 10 boites de Petri, renfermant chacune 100 graines d'Epicéa. L'auteur examina avec soin certains facteurs possibles, de façon à les éliminer ultérieurement (lumière, température).

Elle observa l'influence de germinations successives dans un même milieu et ne trouva aucune production de substance toxique inhibitrice ou éventuellement activante.

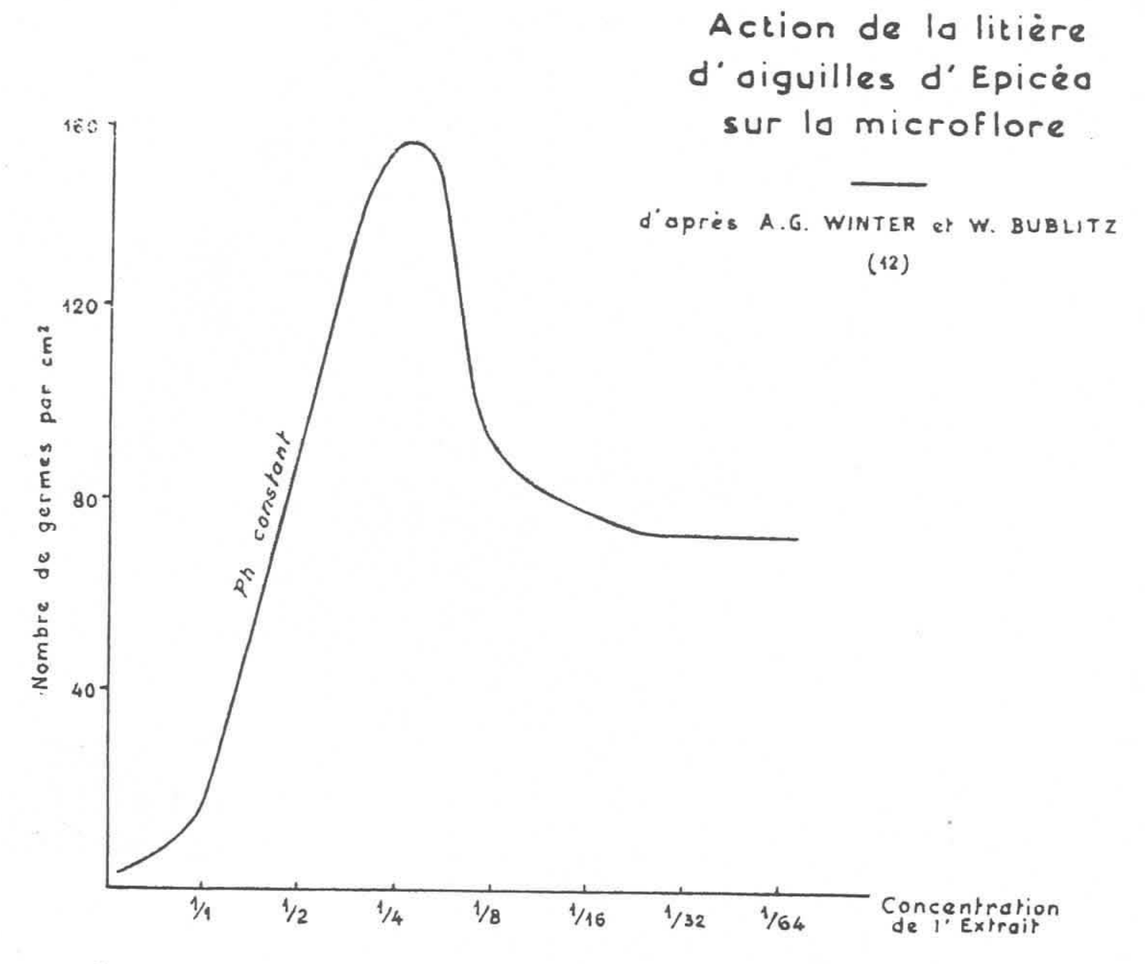
Elle réalisa ensuite des extraits d'humus d'Epicéa qu'elle filtrait et diluait ou concentrait de façon à obtenir deux solutions : l'une concentrée, l'autre diluée au 1/10ème de la précédente.

Le résultat, très curieux, explique les différences observées par d'autres auteurs : la solution concentrée freine la germination et en diminue le pourcentage : la solution diluée, par contre, produit un effet contraire : elle augmente vitesse et pourcentage de germination.

L'extrait de litière de Pin a une action encore plus marquée tandis que l'humus de Hêtre a une action plus faible : il ne fait que réduire la vitesse de germination.

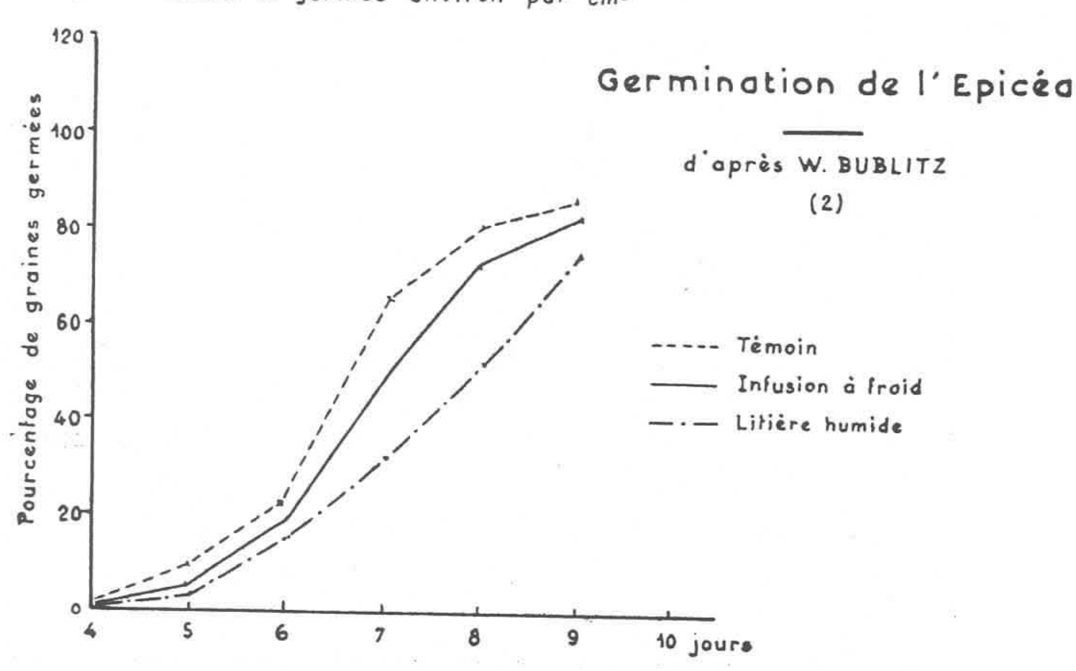
Ces humus, en voie de décomposition, renfermeraient des dérivés quinoniques dont l'influence sur la cellule vivante est bien connue.

WINTER et BUBLITZ (4) ont étudié également l'action de la litière du Hêtre sur la germination de différentes graines, en particulier l'Epicéa et le Pin. Des infusions à froid de feuilles marcescentes cueillies en février et d'autres ramassées sur le sol à la même époque, ont été préparées. Le dispositif



Les germes ont été dénombrés en boite de Pétri :

- en présence d'extrait de litière à concentration variant de 1/1 à 1/64 à Ph constant
- dans un lot témoin sous extrait de litière, le témoin a donné 50 germes environ par cm²



expérimental comportait à la fois des graines mises à germer et des graines prégermées, considérées comme deux stades physiologiquement différents.

L'extrait de feuilles gisantes n'a eu un effet toxique que sur des graines particulièrement sensibles : Pavot (pouvoir germinatif réduit de 60 %), cresson (durée de germination augmentée de 28 %) ; par contre son action a été bienfaisante sur le développement des radicelles de presque toutes les espèces en particulier 21 % pour l'Epicéa.

Ce fait confirme les remarques des forestiers de terrain sur la facilité de la régénération de l'Epicéa sous le Hêtre.

Par contre l'extrait de feuilles récoltées sur pied a provoqué un abaissement du pourcentage de germination de 64 % pour l'Epicéa, de 50 % pour le Pin, un allongement de la durée de germination de 12 % pour le premier, de 23 % pour le second. Quant au développement des tigelles et des racines, il subissait une réduction de 13 et 44 % pour l'Epicéa, de 16 et 25 % pour le Pin.

On peut voir là une explication du fait souvent constaté qu'une coupe de régénération de Hêtre marche bien si l'on a soin d'enlever tous les sujets, grands et petits, de faible vigueur, donc conservant leurs feuilles sèches jusqu'au printemps ; là ou il y a des préexistants, le semis se complète difficilement.

La série de ces expériences est malheureusement très incomplète : à notre connaissance, on n'a pas étudié les propriétés de la litière de Sapin, si mince du reste : on n'a pas non plus fait d'essai de germination sur le Hêtre et le Sapin, les deux essences, reines de l'Est de la France. En ce qui nous concerne, nous avons entrepris diverses expériences dont nous rendrons compte ultérieurement. Il est en effet trop tôt pour juger et nous pensons que cette matière nous réserve encore bien des surprises.

DES MYCORHIZES.

Il a déjà été fait allusion antérieurement à ces associations symbiotiques d'un Champignon et d'une plante supérieure, dont le rôle capital a fait l'objet d'études approfondies à l'étranger. Nous ne pouvons résister au désir d'en parler encore, tant ce sujet est passionnant et peut nous apporter des éclaircissements sur les problèmes qui nous occupent.

Chacun sait qu'il existe deux sortes de mycorhizes, les unes comportant une union assez lâche entre le mycélium et la racine del'arbre hôte (mycrohizes ectotrophes), les autres résultant de la pénétration du Champignon à l'intérieur des tissus de son associé, qui réagissent en donnant un renflement accusé (M. endotrophes). Ces dernières font pendant aux nodosités des Légumineuses, provoquées par la symbiose d'une Bactérie.

Le rôle des mycorhizes dans l'absorption des sels nutritifs par les Conifères et leur passage du Champignon à l'arbre a été prouvé d'une façon très élégante par MELIN, grâce à l'emploi d'isotopes radio-actifs du phosphore et de l'azote ; HARLEY est parvenu aux mêmes résultats pour le Hêtre. La te-

neur des aiguilles ou des feuilles en K, Mg, Ca, P, N, Fe augmente chez les sujets infectés ; de plus la croissance des racines et de la tige est activée. La cause en serait une substance de croissance fabriquée par le Champignon. On rejoint là cette drogue miracle qu'est la « giberelline », secrétée par un Champignon parasite du Riz, et qui provoque un accroissement longitudinal fantastique.

Lorsqu'on a voulu planter de vastes étendues déboisées depuis longtemps, comme ce fut le cas dans la Prairie, en Amérique du Nord, dans les steppes de Russie, ou des pâturages abandonnés en haute montagne autrichienne, on constata de véritable faillites avec l'utilisation de plants dépourvus de Champignons. Ce n'est que par l'application de litière de forêts dans les pépinières qu'un remède put être trouvé.

Les mariages arbre-champignon peuvent se faire entre conjoints à exigences strictes ; par exemple le *Phlegmacium allutum*, en haute montagne, ne voudra connaître que l'Epicéa. Au contraire l'*Amanita muscaria* et le *Boletus edulis* sont beauoup plus accommodants.

Ajoutons que les Champignons symbiotes les plus fréquents appartiennent aux genres Amanite, Lactaire, Russule et Bolet, pour les Pins et le Hêtre, *Phlegmacium* pour l'Epicéa (6).

Pour donner une idée de la complexité de la question, citons simplement une expérience de LEVISOHN : le *Chamaecyparis lawsoniana* est normalement un arbre à micorhizes endotropes. Si on le contamine avec un symbiote ectotrophe des Pins *(Rhizopogon luteolus)*, il ne se forme pas de mycorhizes, mais la croissance du sujet est néanmoins accélérée.

L'existence de ces associations est en tout cas bénéfique pour l'arbre : l'Epicea en particulier réagit très favorablement à l'infection par le *Phlegmacium glaucopus* qui provoque ,outre une reprise excellente, un développement triple de la tige et des racines (cf. bibliographi in 5 et 6).

On voit par là l'importance de toute substance sécrétée par les racines ou née de l'humus, capable de favoriser les Champignons mycorhiziques ou de leur nuire.

Or H. KOHLER (1), dans son « Introduction à la recherche des Antibiotiques », en dénombre 79 s'attaquant aux Champignons, dont 17 secrétés par des plantes supérieures, 3 par des Basidiomycètes, 21 par d'autres Champignons, 26 par des Actinomycètes (l'auréomycine par exemple) et 12 par des Bactéries.

De son côté, MELIN a établi queles litières d'Erable, de Bouleau, de Hêtre, de Chêne, de Tremble et de Pin renferment des substances diversement actives. Les extraits concentrés delitières se révèlent fongistatiques, c'est-à-dire qu'ils s'opposent au développement d'autres Champignons. Par contre, à faible concentration, ces infusions en favorisent la croissance : nous rejoignons ici les conclusions de E. BAUTZ à propos des graines d'Epicea.

Ces extraits devraient leur activité à des hydrates de carbone et un, ou des, facteurs de croissance (vitamines, p. ex.) différents de ceux que nous connaissons actuellement.

Nous nous en voudrions de ne pas mentionner la belle thèse de G. BECKER soutenue en 1953 devant la Faculté des Sciences de BESANÇON (8 bis), sur l'Ecologie des champignons supérieurs : tout ce qu'il écrit sur la localisation des champignons mycorhiziques serait à citer. Nous en extrairons seulement les passages suivants :

« La présence de Russula foetens... est trop souvent le signe extérieur d'une stérilité mycologique plus ou moins complète... on la trouve aussi dans les vieilles sapinières à bout de souffle que les autres espèces micorhiziques ont abandonnées ».

Il signale également le synchronisme entre le démarrage d'une jeune plantation d'épicéa et l'installation de Lactarius déliciosus, symbiote habituel des résineux, Il dit aussi :

« Les espèces mycorhiziques sont souvent liées non seulement à une essence forestière, mais encore à un âge de cette essence ».

Enfin une dernière citation pourrait servir de conclusion à ce paragraphe:

« Le climax d'une forêt se définit autant par le nombre des champignons mycorhiziques qui lui sont propres que par les essences qui la forment ».

ACTION DES SUBSTANCES INHIBITRICES SUR LES MICROORGANISMES DU SOL.

Si certains auteurs comme WAKSMAN et STARKEY affirment que le nombre total des germes du sol dépend de l'apport de substances énergétiques (hydrates de carbone, protéines, etc...) au sol, et non d'effets antibiotiques, il est certain cependant que l'influence des facteurs limitants dans le sol est primordiale. De nombreuse expériences récentes le prouvent. Nous en avons indiqué certaines dans une publication précédente à laquelle on pourra se reporter (8). On se contentera ici de donner quelques exemples s'appliquant à des sols ou à des litières de forêts.

LEIBUNDGUT, rapportant les travaux de l'Institut de Sylviculture de Zurich (9), signale des différences de composition de la microflore d'un sol, selon qu'on le recouvre de feuilles de Chêne, de Hêtre, de Sycomore, de Tilleul, etc.. L'action de ces différentes litières varie sensiblement selon les groupes de microbes considérés ; l'apport de feuilles de Tilleul semble particulièrement heureux.

WINTER et WILLEKE ont expérimenté soit sur des germes du sol (10) soit sur 3 souches microbiennes (*Escherichia coli*, *Staphyloccus aureus*, *Bacillus subtilis*) l'effet de plusieurs infusions de feuilles (11). Ils ont constaté des écarts marqués : certaines feuilles (Sycomore, p. ex) perdent leur propriété antibiotique dès leur chûte. D'autres la voient diminuer (Charme, Bugle rampant), mais rester sensible. Pour d'autres, enfin, cette faculté se conserve presque intacte (Fraise, Lavande, Raisin d'ours, Troene).

WINTER et BUBLITZ (12) préparèrent ensuite une infusion de litière d'Epicéa, stérilisée par filtration et concentrée sous vide. Leurs essais portèrent sur la microflore de composts et d'un mélange tourbe-compost. Pour un Ph maintenu constant, l'adjonction de l'extrait de litière concentré au compost, inhibait le développement de toutes les espèces de germes. En mélange tourbe-compost, l'inhibition n'était que de 75 %, les formes les plus résistantes continuant à se développer. De plus, *des variations de Ph restèrent ssans effet.*

De notre côté nous avons étudié l'influence d'extraits d'humus et de litière de vieux sapins (200 ans et plus) sur la microflore de deux sols : terre de sapinière récente et assez jeune, terre de hêtraie (12 bis). L'échantillon prélevé sous sapinière récente a vu sa microflore diminuée de 80 % ; de plus l'étude des germes isolés lors de cette expérience a montré que la microflore avait varié qualitativement : les bactéries sensibles seraient donc éliminées au profit de germes plus résistants.

La microflore de la terre de hètraie s'est montrée moins sensible à l'action de l'humus de vieille sapinière : cette influence pourrait donc être spécifique.

Ajoutons que des essais de germination ont été tentés sur des graines de Lepidium sativum (Cresson alénois), plante qui a l'avantage de germer vite. Ils ont mis en évidence par rapport au témoin un retard important dans la germination des graines et dans la croissance des jeunes plantules.

Ajoutons pour terminer, que BUBLITZ a précipité à l'aide d'une lessive de soude, les substances antibactériennes d'une infusion de litière d'Epicéa. Le filtrat restait inactif ; par contre le précipité, redissout partiellement dans l'eau distillée, retrouvait ses propriétés antibactériennes.

BUBLITZ put enfin séparer, par chromatographie, les substances antimicrobiennes et montrer qu'elles inhibaient aussi la germination de certaines graines. La preuve était faite que les substances antimicrobiennes et antiphytotiques de la litière d'Epicéa étaient les mêmes (13).

ECHANGES PLANTES-SOL.

On admettait naguère qu'une plante supérieure ne puisait dans le sol que de l'eau et des sels minéraux : la nutrition carbonée par les racines était réservée aux seules plantes saprophytes. Des travaux récents, en particulier ceux de WINTER, ont mis en évidence l'utilisation directe de matières organiques complexes à fort poids moléculaire : leur nature est encore mal déterminée et l'auteur les appelle « substances actives ». Appelons-les « substances de croissance » Quantitativement elles ne comptent pas, mais qualitativement leur rôle est considérable. On a pu prouver qu'elles influaient sur la croissance des plantes et qu'elles se trouvaient en plus grande quantité dans les sols fertiles que dans les autres. Leur pénétration dans les végétaux supérieurs a été prouvée par l'emploi de carbone radioactif.

Parmi les « substances actives » ont doit ranger les antibiotiques si fréquents dans le sol. WINTER a montré que le cresson pouvait absorber de la pénicilli-

ne (poids moléculaire = 330) et de la streptomycine (poids moléculaire = 581) à un point tel que le jus de cresson devenait bactéricide. Les racines sont donc capables d'absorber des molécules très complexes sans les modifier.

Inversement, comme on l'a vu plus haut, les racines peuvent exsuder des substances minérales ou organiques. C'est par ces sécrétions que s'explique l'existence de la rhizosphère. La composition de la flore rhizosphérique est sous la dépendance des secrétions de la plante supérieure, et cette flore est particulièrement riche en organismes générateurs d'antibiotiques. (*Trichoderma viride*). La décomposition de l'humus s'en trouve influencée, ainsi que la germination des graines que l'on peut y introduire ultérieurement.

WINTER voit là une cause de la fatigue des sols, mais il pense aussi que les associations végétales y trouvent leur explication. Il n'existe pas d'antibiotique omnipotent : chacun est spécialisé dans la lutte contre des microbes définis et peut être détruit par les autres : il suffit d'abandonner à elle-même une solution de pénicilline pour s'en convaincre. Aussi loin que les feuilles d'un arbre peuvent aller en tombant sur le sol, elles provoquent l'apparition d'une flore microbienne spéciale qui elle-même oriente la décomposition des feuilles dans un sens déterminé. Il est impossible que l a germination des graines parvenant au sol dans cette zone n'en soit pas influencée. Si une graine germe néanmoins, sa radicelle se trouve vite en butte aux attaques, ou au contraire fait l'objet des avances des racines en place. Ainsi se formeraient les associations végétales : la phytosociologie ne serait plus simplement l'étude d'êtres ayant les mêmes appétits, mais bien celle de leur symbiose (14).

CONCLUSIONS.

Au terme de cet exposé dans lequel ont été condensés les principaux travaux intéressant l'alternance des essences, nous allons essayer de tirer quelques conclusions :

1) Tout d'abord les horizons ouverts par les découvertes récentes sur les sécrétions de plantes supérieures sont immenses : ce qui passait hier pour des radotages séniles, s'est avéré d'une importance capitale en physiologie végétale théorique et pratique.

II) La pédologie limitée à l'étude des phénomènes physico-chimiques ne suffit pas à expliquer tout ce qui se passe dans la terre : lorsqu'on parle de la « vie des sols », on croit s'exprimer par image, alors qu'il s'agit bien de phénomènes biologiques exerçant sur la fertilité des sols une influence prodigieuse. Parce que les dosages d'éléments minéraux sont relativement faciles à exécuter alors que les analyses microbiennes sont très complexes, que leur technique exige un matériel coûteux et que leur interprétation est souvent délicate, on a tendance à négliger la question. Mais un fait qui réclame une explication, ne peut pas laisser un esprit scientifique en repos.

III) L'alternance des essences n'est certes pas une loi cosmogonique : ce sont les hommes qui ont créé cette expression. Les faits, d'ailleurs indiscutables, ont une cause qui reste à déterminer dans chaque cas particulier.

Si l'on prend le cas plus spécialement étudié de l'Epicéa, on semble près de la solution du problème. Il a été démontré qu'un extrait de litière concentré inhibe la germination des graines d'Epicéa, alors qu'une infusion diluée d'aiguilles la favorise ; que la germination des graines ne dépend pas uniquement de la lumière, ni de la température et que leur inhibition n'a rien à voir avec le Ph. Des faits voisins ont été observés concernant les Champignons mycorhiziques ou les germes du Sol. On a même pu montrer que les substances toxiques de la litière d'Epicéa l'étaient à la fois pour les plantules et pour les microbes.

Que se passe-t-il en forêt ? On sait, pour l'avoir observé maintes fois, que sitôt le couvert relevé, un peuplement d'Epicéa se garnit de semis de cette essence, mais qui meurent assez vite, faute de lumière dit-on ; puis la litière s'épaississant au fur et à mesure du vieillissement du peuplement, le liquide dans lequel elle baigne se concentre au point d'empêcher les nouvelles graines de germer.

Pourquoi alors le Sapin vient-il sous l'Epicéa ? Simplement parce que le principe actif a sans doute une action spécifique, comme beaucoup d'autres antibiotiques : nous ne sommes pas loin de la « vertu dormitive » de l'opium, mais qu'y faire ?

Si parfois l'Epicéa se régénère abondamment sous lui-même, c'est, ou bien que la substance nuisible à la germination ne s'est pas formée, ou bien qu'elle a été détruite, par des microorganismes peut-être, ou encore qu'elle est diluée et que, par conséquent, d'inhibitrice elle devient favorisante. Ce dernier fait est très général et n'a pas de quoi nous étonner : on sait que des médicaments anesthésiques à faible dose, comme la morphine, provoquent des convulsions à dose élevée, de même qu'une drogue possède une action radicalement différente lorsqu'elle est utilisée normalement ou à dose homéopathique. On peut imaginer également que, lors de certaines années à été pluvieux, le retard à la germination imposé aux graines ne soit pas néfaste à la plantule qui trouve ainsi la possibilité exceptionnelle de gagner les couches profondes du sol. Ainsi s'expliquerait qu'un terrain réfractaire pendant longtemps à la régénération se couvre un beau jour d'un semis extrêmement dense, sans que la qualité de la graine produite l'automne précédent soit exceptionnelle.

Le cas du Sapin n'a pas jusqu'ici été étudié sérieusement. Il se pourrait que, malgré la faible épaisseur de la litière, l'explication de la stérilité du sol des vieilles sapinières pour le semis de Sapin soit du même ordre que celle valable pour l'Epicéa.

Il se peut aussi que, pour l'un comme pour l'autre, l'explication du phénomène soit assez différente, faisant intervenir un ou plusieurs germes déterminés, comme le *Trichoderma viride*, champignon apparemment constant dans les parcelles de sapin à belle régénération, rare ou absent dans celles qui sont dépour-

vues de semis (15). Ce *Trichoderma*, dont on sait déjà qu'il protège nos grands résineux (Epicéa, Sapin, Pins) contre les attaques du *Fomes annosus* (*16, 17*), est un grand pourfendeur de microorganismes qu'il détruit grâce à ses abondantes sécrétions d'antibiotiques. Il pourrait inhiber certains germes pathogènes, pour les plantules, la fonte des semis par exemple. Si au contraire, ce sont les germes favorables qui sont éliminés, des germes pathogènes peuvent voir l'inhibition levée en leur faveur. *

En définitive, on peut penser que les difficultés de régénération de certaines forêts de Sapin ou d'Epicéa, comme l'alternance que l'on constate entre ces essences, sont dues à une modification du milieu, sous l'influence de l'accumulation dans l'humus, d'excrétions et de produits de décomposition de la litière.

Les substances formées, assimilables peut-être à des substances de croissance, sont encore indéterminées, mais on sait qu'elles sont généralement thermostables *, solubles dans l'alcool, absorbables sur charbon activé (MELIN - 7 -, SCHONBECK - *19* -). Souvent favorisantes à faibles doses, mais toxiques à doses élevées, elles peuvent être concentrées dans les couches superficielles du sol, du fait de certains facteurs écologiques comme la sécheresse, ou biotiques comme la forte absorption de l'eau par les arbres en place. Apparemment spécifiques, elles sont généralement antimicrobiennes et antiphytotiques.

Avançons donc l'hypothèse d'une action combinée des deux processus que nous venons de décrire :

— *action toxique directe* de ces substances sur les plantules de certaines espèces, éventuellement nulle ou favorisante pour d'autres ;

— *action indirecte* par l'intermédiaire de la microflore, dont l'équilibre peut être rompu au profit de germes pathogènes pour l'une ou l'autre espèce. (*15*)

A la lumière des travaux récents, il est assez logique de penser que les multiples facteurs énumérés plus haut se résument schématiquement, comme toute la question de l'alternance, dans ces deux processus.

La suite de nos recherches sur la composition des humus, sur la rhizosphère de nos grands résineux et la microflore de leurs sols, devrait nous permettre d'élucider une partie du mystère.

---

* De telles notions sont désormais classiques ; les Champignons du genre **Trichoderma** en sont souvent les héros. Nous avons vu plus haut déjà que le Lin résistait à l'agent de la pourriture des racines grâce à des bactéries de la rhizosphère du Trèfle. Ajoutons que TIMONIN a montré (cf. in 18) que certaines variétés de Lin sont résistantes au même **Fusarium lini**, grâce à l'antagonisme du **Trichoderma viride**, favorisé lui-même par les sécrétions radiculaires du Lin.

* Ce n'est pas toujours le cas : cf. « L'alternance des essences » 2ème partie.

Un monde nouveau s'ouvre en tout cas devant les chercheurs et dans vingt ans le sylviculteur qui ignorera la biologie des sols, sera aussi démonétisé quele médecin fermant les yeux, de nos jours, sur les mérites de la pénicilline.

R. S. - R. M.

— Nous remercions le Pr Dr A. G. WINTER, de la documentation qu'il a bien voulu mettre à notre disposition.

BIBLIOGRAPHIE

1 - KÖHLER, H. (1956 Einführung in die Methoden des pflanzenlichen Antibiotikaforschung. 1 vol., Springer, Berlin.

2 - BUBLITZ, W. (1953) Über die keimhemmende wirkung der Fichtenstreu. *Naturwissenschaften*, 40, 9, pp. 275-276.

3 - BAUTZ, E. (1953) Einwirkung verschiedener Bodentypen und Bodenextrakte auf keimung von *Picea excelsa. Zeitschrift für Botanik*, 41, pp. 41-84.

4 - WINTER, A. G. et BUBLITZ, W. (1953) Über die keim - und entwicklungshemmende Wirkung der Buchenstreu. *Naturwissenschaften*. 40, 15, pp. 416.

5 - MOSER, M. (1956) Die Bedeutung der Mykorrhiza für Aufforstungen in Hochlagen. *Forst-Wissenschaftliches Centralblatt*, 75, 1, 2, pp. 8-18.

6 - IBID (1958) Die künstliche Mykorrhizaimpfung an Forstpfllanzen. *Sonderbruck aus Forstw. Cbl.*, 77, Jg., 1/2, 1, 64, pp. 32-40.

7 - ROMAN, E. (1950) Travaux suédois récents sur les mycorrhizes des arbres. *L'année Biologique*, 3ème S., 26, 7, pp. 313-324.

8 - MOREAU, R. (1957) Relations entre les plantes supérieures et l'équilibre microbien dans les sols. *Bull. Assoc. Dipl. Microb. de la Fac. de Pharmacie de Nancy*. 67, pp. 3-14.

8 bis - G. BECKER - Ecologie des Champignons supérieurs - Thèse de Doctorat - Faculté des Sciences de Besançon 1956.

9 - LEIBUNDGUT, H. (1953) Beobachtungen über den Streueabbau einiger Baumarten im Lehrwald der ETH. *Journal For. Suisse*, 104, 4/5, pp. 179-192.

10 - WINTER, A. G., et WILLEKE, L. (1951) Untersuchungen über die Antibiotica aus höheren Pflanzen und ihre Bedeutung für die Bodenmikrobiologie und Pflanzensoziologie. *Naturwissenschaften*, 38, 11, pp. 262.

11 - Ibid. et Ibid. (1952) Untersuchungen über antibiotica aus höheren Pflanzen. IV. Mitteilung Hemmstoffe im herbslichen Laub. *Ibid.*, 39, 2, pp. 45-46.

12 - WINTER, A. G., et BUBLITZ, W. (1953) Untersuchungen über antibakterielle Wirkungen im Bodenwasser der Fichtenstreu. *Ibid.*, 40, 12, pp. 345-346.

12 bis - MOREAU, R. (1958) Résultats non publiés, présentés au Groupe de Physiologie de l'Arbre (Paris).

13 - WINTER, A. G. et BUBLITZ, W. (1955) Untersuchungen über Vorkommen und Bedeurung von antimikrobiellen und antiphytotschen Substanzen in natürlichen Böden. *Zeitschr. für Pflanzenernährung, Dungung, Bodenkunde*, 69 (114), 1-3, pp. 224-233.

14 - Ibid. (1952) Humus und Pflanzen. *Orion*, 7-10, 5 pp.

15 - MALISZEWSKA, W., et MOREAU, R. (1958) Contribution à l'étude de la microflore fongique dans la rhizosphère du Sapin (*Abies alba*, Mill.) *Symposium sur l'Ecologie des Champignons du Sol*, Liverpool, Août 1958.

16 - RISBETH, J. (1950) Observations on the Biology of *Fomes annosus*, with particular Reference to East Anglian Pine Plantations. I. The Outbreaks of disease and Ecological Status oh the Fungus. *Ann. of Botany*, N. S., 14, 55, pp. 365-383, 2 pl...

17 - Ibid. (1951) Ibid. III Natural and Experimental Infection of Pines, and some Facfors affecting Severity of the disease. *Ibid.*, N. S., 15, 58, pp. 221-246, 1 pl...

18 - CHAMPAGNAT, P. (1955) Les substances de croissance dans le sol. *Bull. Assoc. Franç. pour l'Et. des Sols.*, 71, pp. 346-354.

19 - SCHÖNBECK, F. (1956) Untersuchungen über Vorkommen und Bedeutung von Hemmstoffen in Getreiderückstanden innerhalb der Fruchtfolge. *Zeitschr. für Pflanzenkrankleiten (Pflanzenpathologie) und Pflanzenchutz*, 63, 9, pp. 513-545.

•••